

## IT 系统集成课程

完整课程介绍 免费视频下载网址

<http://www.91xueit.com>

课程咨询 QQ 458717185

IT 系统集成课程创始人,微软最有价值专家韩老师面向全国招收学生.光盘视频授课.

### 课程内容

内容包括网络 CCNA-->Windows Server 2003-->2008-->Linux -->mySQL-->SQL server-->企业邮件系统-->网络安全-->虚拟化-->群集

完整课程体系, 从零起点到 IT 专家, 只需 1 年的时间。

## 名师出高徒

我 12 年走过的路，你只需 1 年就能走完，谁说学习没有捷径，少走弯路就是捷径。

成为我的学生后，寄视频课教程给我的学生，

我的课程是在培训中心 和 企业培训中录制的视频

内容包括：4 张 DVD16G 视频 500 课时

1.韩老师出版的书（电子版）

2.学习用到的软件

3.实验手册

4.网络实验环境

5.提供终身免费技术支持

6.微软正版操作系统和序列号

7.在线 QQ 答疑 远程 QQ 协助

8.后期录制的新视频免费送给学生

9.加入我的 QQ 教学群 目前 54 个学生 大家一起探讨技术

需要的留下姓名 地址 手机号 我寄盘给我的学生

## 学费

全套课程

共计 500 课时 16G 视频， 学费 学生价 1200 元 在职 1500 元

一次学费 终身技术支持，学赖以生存的本领。

## 给热衷搜集免费资源的人几句话

网上免费的视频资料很多 成体系的很少

卖别人视频教程的挺多，能为你解答问题的人很少

视频易得 老师难寻

学校老师老师为学生念 PPT 的多 能够为学生全面演示的少

虽然百度里的资料很全面 但不能分析解答你遇到的问题

从此你不必在网上东拼西凑找学习资料 这里有完整的学习路线，从 0 起点成长为 IT 专家你

只需 1 年时间

在学习方面，少走弯路 便是捷径 我 12 年的探索 你只需 1 年

相信永远比怀疑多一次机会 谁愿意选择平庸 相信韩老师 更要相信你自己

万事开头难，在入门时最需要老师指导，方向和努力一样重要。

# 第 3 章 IP 地 址

在任何有关 TCP/IP 的讨论中，一个最为重要的主题就是 IP 寻址。IP 地址是 IP 网络上每台计算机的数字标识符，它指明了在此网络上某个设备的位置。

IP 地址是一个软件地址，不是硬件地址，后者是被硬编码烧录到网卡中的，并且主要用于在本地网络中定位主机。IP 寻址允许在某网络上的主机与另一个不同网络上的主机进行通信，并在此过程中无须考虑这两台主机在具体局域网的类型差异。

在我们开始学习有关 IP 寻址的繁杂内容之前，你需要了解一些基础知识。首先，将会解释一些 IP 寻址的基础知识和术语。然后，你将学习到有关 IP 寻址方案的分层结构和私有 IP 地址等内容。

## 本章主要内容：

- IP 地址层次结构
- IP 地址分类
- 保留的 IP 地址
- 私有地址
- 等长子网划分
- 变长子网划分

## 3.1 理解 IP 地址

所谓 IP 地址就是给每个连接在 Internet 上的主机分配的一个 32bit 地址。IP 地址用来定位网络中的计算机和网络设备。

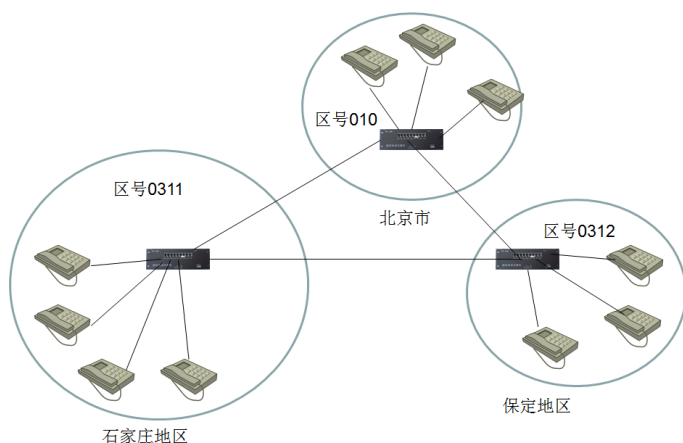
### 3.1.1 IP 地址组成

在讲解 IP 地址之前,先介绍一下大家熟知的电话号码,通过电话号码来理解 IP 地址。

大家都知道,电话号码由区号和本地号码组成。如图 3-1 所示,石家庄区号是 0311、北京市区号 010、保定地区区号是 0312。同一地区的电话号码有相同的区号打本地电话不用拨区号,打长途需要拨区号。

和电话号码的区号一样,计算机的 IP 地址也有两部分组成,一部分为网络标识,一部分为主机标识,如图 3-2 所示,同一网

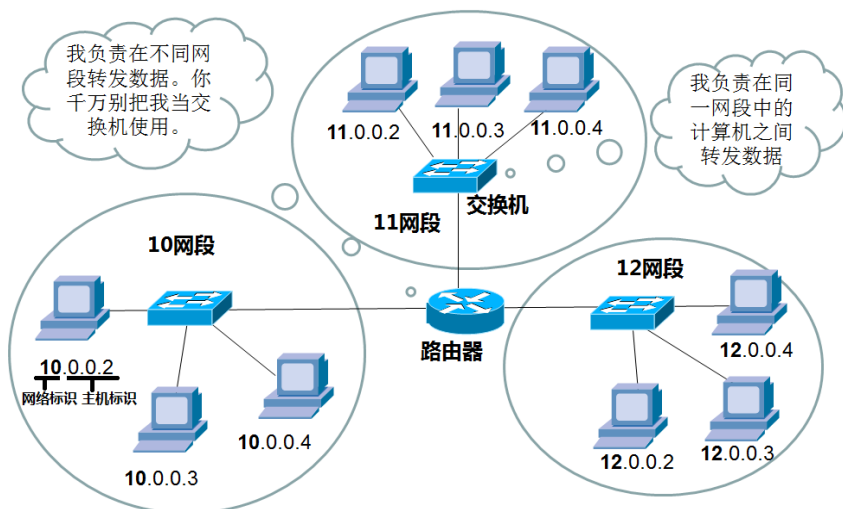
### 用电话号码来理解IP地址规划



▲ 图 3-1 电话号码

段的计算机网络部分相同,路由器连接不同网段,负责不同网段之间的数据转发,交换机连接的是同一网段的计算机。

### 网络标识和主机标识



▲ 图 3-2 网络 IP 地址

### 3.1.2 学习 IP 地址预备知识

二进制是计算技术中广泛采用的一种数制。二进制数据是用 0 和 1 两个数码来表示。它的基数为 2，进位规则是“逢二进一”，借位规则是“借一当二”。当前计算机系统使用的基本上都是二进制。

下面列出二进制和十进制的对应关系，要求最好记住这些对应关系，二进制每进一位，对应的十进制乘以 2。

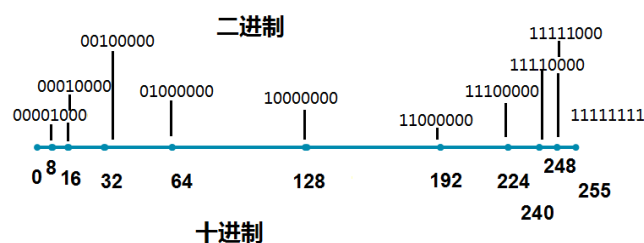
二进制	十进制
1	1
10	2
100	4
1000	8
10000	16
100000	32
1000000	64
10000000	128

下面的对应关系最好也记住，这对以后的学习会很有帮助。

二进制	十进制
10000000	128
11000000	192
11100000	224
11110000	240
11111000	248
11111100	252
11111110	254
11111111	255

图 3-3 是二进制和十进制的对应关系图，大家最好记住这些对应关系。

图示二进制和十进制对应关系

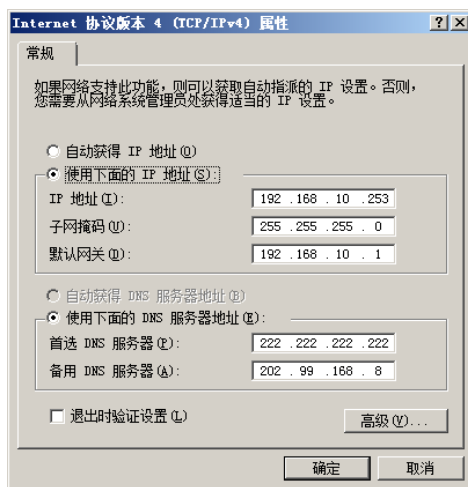


▲图 3-3 二进制与十进制的对应关系

### 3.1.3 IP 地址写法

按照 TCP/IP 协议规定, IP 地址用二进制来表示, 每个 IP 地址长 32 比特, 比特换算成字节, 就是 4 个字节。例如一个采用二进制形式的 IP 地址是“10101100000100000001111000111000”, 这么长的地址, 人们处理起来太麻烦。为了方便人们的使用, 这些位通常被分割为 4 个部分, 每一部分 8 位, 中间使用符号“.”分开, 分成 4 部分的二进制地址, 10101100.00010000.00011110.00111000, IP 地址经常被写成十进制的形式, 于是, 上面的 IP 地址可以表示为“172.16.30.56”。IP 地址的这种表示法叫做“点分十进制表示法”, 这显然比 1 和 0 容易记忆得多。

点分十进制这种 IP 地址写法, 方便了我们书写和记忆, 通常我们为计算机配置 IP 地址就是这种写法。如图 3-4 所示。



▲ 图 3-4 点分十进制记

8 位二进制的 11111111 转换成十进制就是 255。因此点分十进制的每一部分最大不能超过 255。

### 3.1.4 IP 地址的分类

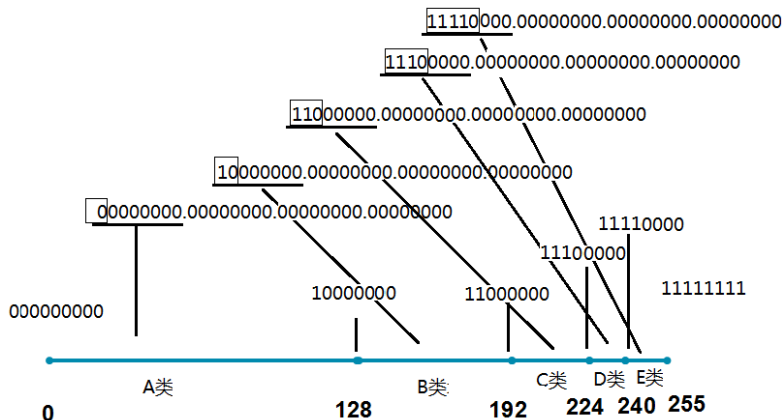
最初设计互联网络时, Internet 委员会定义了 5 种 IP 地址类型以适合不同容量的网络, 即 A 类~E 类。其中 A、B、C 类由 InternetNIC 在全球范围内统一分配, D、E 类为特殊地址。

- 网络地址的最高位是 0 的地址为 A 类地址。
- 网络地址的最高位是 10 的地址为 B 类地址。
- 网络地址的最高位是 110 的地址为 C 类地址。
- 网络地址的最高位是 1110 的地址为 D 类地址。
- 网络地址的最高位是 11110 的地址为 E 类地址。

如图 3-5 所示:

- A 类地址点分十进制第一部分取值范围 1~126, 127 为测试地址。
- B 类地址点分十进制第一部分取值范围 128~191。
- C 类地址点分十进制第一部分取值范围 192~223。
- D 类地址点分十进制第一部分取值范围 224~239, 用于多播 (也称为组播) 的地址, 希望读者能够记住多播地址的范围, 因为有些病毒除了在网络中发送广播外, 还有可能发送多播数据包, 使用捕包工具排除网络故障, 必须能够判断捕获的网络中的数据包的包是多播还是广播。
- E 类地址点分十进制第一部分取值范围 240~254, 用于科学实验, 在本书中并不讨论这些类型的地址 (并且你也必了解这些内容)。

IP地址分类示意图



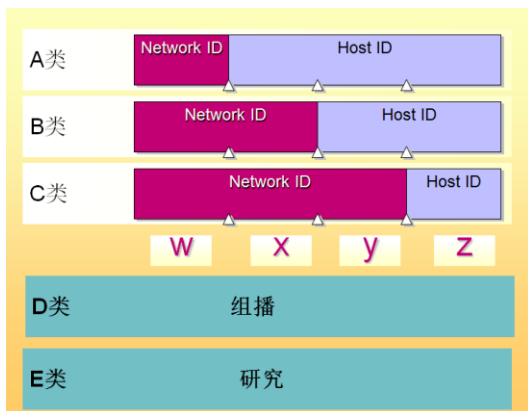
▲图 3-5 IP 地址分类

现在给你个 IP 地址，根据上面地址分类标准，你就应该很快判断出该地址是哪一类地址。比如 122.23.34.9，122 取值在 1~126 之间，该地址属于 A 类地址。145.32.34.43，145 在 128~191 之间，该地址属于 B 类地址。212.23.121.12，212 取值在 192~223 之间，因此属于 C 类地址。

### 3.1.5 网络 ID 和主机 ID

上面讲了 IP 地址分类，下面讲解各类地址默认网络部分。如图 3-6 所示：

- A 类地址默认 IP 地址的前 8 位二进制是网络 ID，后 24 位为主机 ID。
- B 类地址默认 IP 地址的前 16 位二进制是网络 ID，后 16 位为主机 ID。
- C 类地址默认 IP 地址的前 24 位二进制是网络 ID，后 8 位为主机 ID。
- D 类地址是多播地址，没有网络 ID 和主机 ID 的划分。



▲图 3-6 网络 ID 和主机 ID

以上可以看出 A 类地址主机部分为 24 位二进制，比如 10.0.0.0 这个 A 类网络，该网段中有效的主机 ID 范围 10.0.0.1~10.255.255.254。主机部分全是 0 的和全是 1 的地址不能指定给计算机使用。主机部分全 0 代表该网段，主机部分全 1 代表本网段所有主机，即广播地址。

一个 A 类地址的有效主机 ID 可以这样算出： $256 \times 256 \times 256 - 2 = 16777214$ 。每部分取值范围 0~255，一共 256 种可能，排列组合结果就是  $256 \times 256 \times 256$ ，再减去主机位全 0 和全 1 的两个地址。

一个 B 类网络，有效的主机 ID 数量： $256 \times 256 - 2 = 65534$ 。



一个 C 类网络，有效的主机 ID 数量： $256-2=254$ 。

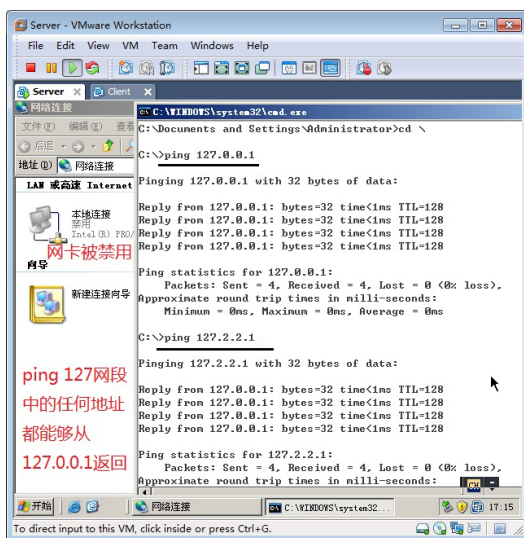
### 3.1.6 保留的 IP 地址

有些 IP 地址被保留用于某些特殊目的，网络管理员不能将这些地址分配给结点。下面列出了这些被排除在外的地址，并说明了为什么要保留它们。

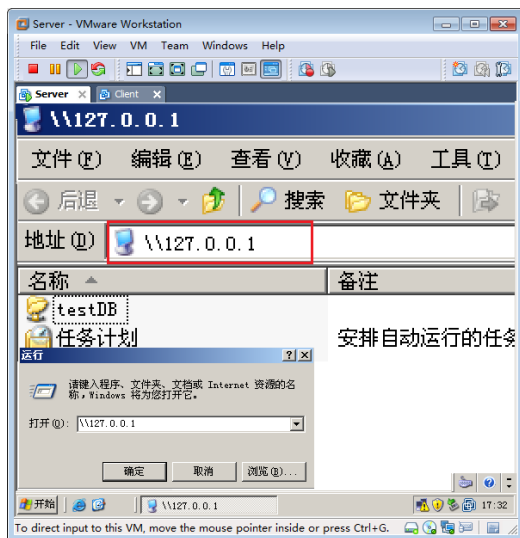
- 整个 IP 地址设置为 1 的地址：它不被路由，但会被送到相同物理网段上的所有主机，IP 地址的网络字段和主机字段全为 1 就是地址 255.255.255.255。
- 结点地址全为 0 的地址：特指某个网段，比如 192.168.10.0，指的是 192.168.10.0 网络地址。
- 结点地址全为 1 的地址：网络广播会被路由，并会发送到专门网络上的每台主机，IP 地址的网络字段定义这个网络，主机字段通常全为 1，如 192.168.10.255。
- 127.0.0.1：被保留用于环回测试。指向本地结点，相当于人称代词中的“我”，任何计算机都可以用该地址访问自己的共享资源或网站，并且允许该结点发送测试数据包给自己而不产生网络流量。如果 ping 该地址能够通，说明你的计算机的 TCP/IP 协议栈工作正常，即便你的计算机没有网卡，ping 127.0.0.1 还是能够通的。

如图 3-7 所示，禁用 Server 计算机的网卡，ping 127.0.0.1 也能通，足以说明不产生网络流量。ping 127 网段的任何地址，都会从 127.0.0.1 地址返回数据包。

如图 3-8 所示，启用网卡，重启 Server 计算机，选择“开始”→“运行”命令，在打开的“运行”对话框中输入\\127.0.0.1，单击“确定”按钮，能够通过 127.0.0.1 访问到本机的共享资源。



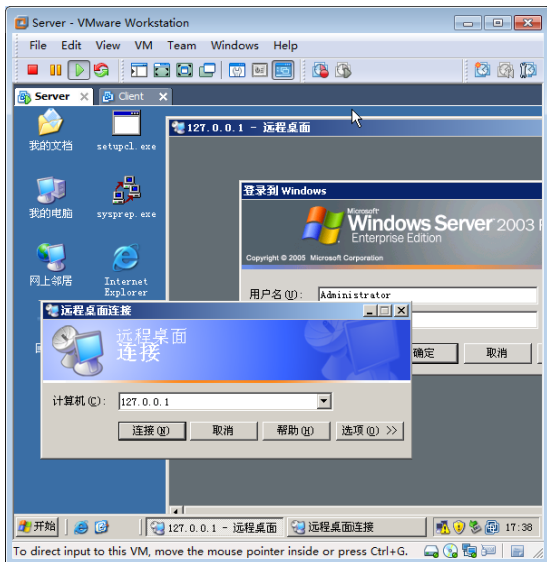
▲ 图 3-7 禁用网卡的本地环回地址



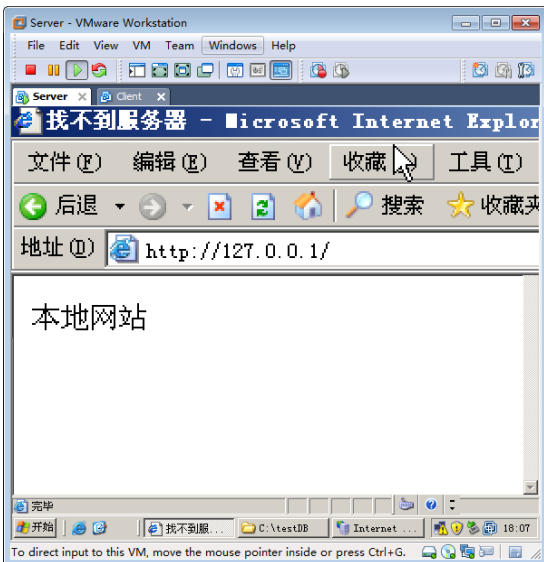
▲ 图 3-8 启用网卡的本地环回地址

你的计算机启用了远程桌面，可以使用远程桌面客户端连接 127.0.0.1 地址，连接本地计算机的远程桌面服务，如图 3-9 所示。总之，你想访问本地资源，却又懒得查看本地计算机的 IP 地址和计算机名称，你都可以使用 127.0.0.1 访问本地资源。比如本地有个网站，你可以打开 IE 浏览器，通过 <http://127.0.0.1> 访问本地计算机的网站，如图 3-10 所示。即便你

启用了 Windows 防火墙, 也不会影响你使用本地环回地址访问本地资源。

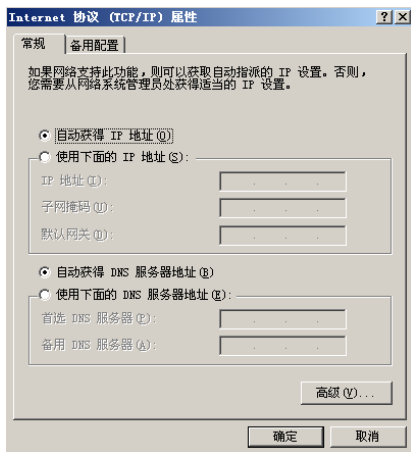


▲ 图 3-9 连接本地计算机的远程桌面服务

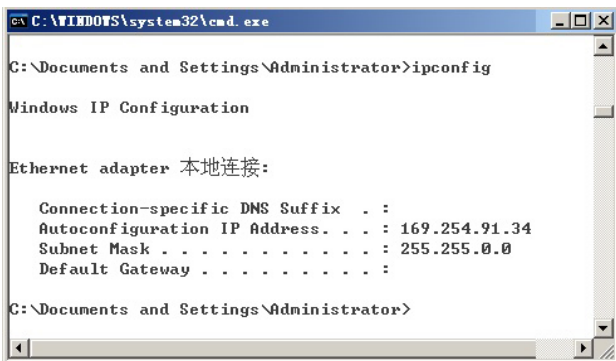


▲ 图 3-10 访问本地环回地址

- 169.254.0.0 169.254.x.x: 实际上是自动私有 IP 地址。在 Windows 2000 以前的系统中, 如果计算机无法获取 IP 地址, 则自动配置成“IP 地址: 0.0.0.0”、“子网掩码: 0.0.0.0”的形式, 导致其不能与其他计算机进行通信。而对于 Windows 2000 以后的操作系统, 则在无法获取 IP 地址时自动配置成“IP 地址: 169.254.x.x”、“子网掩码: 255.255.0.0”的形式, 这样可以使所有获取不到 IP 地址的计算机之间能够进行通信, 如图 3-11 和图 3-12 所示。



▲ 图 3-11 自动获得地址



▲ 图 3-12 Windows 自动配置的 IP 地址

### 3.1.7 私有 IP 地址

创建 IP 寻址方案的人也创建了我们所说的私有 IP 地址。这些地址可以被用于私有网络, 在 Internet 上的路由器上没有到私有网络的路由表。这个设计主要是为了满足广泛需要的安全目的, 同时也很有效地节省了宝贵的 IP 地址空间。

与私有 IP 地址对应的是公网 IP 地址，公网地址是全球统一规划的网络地址，公网的计算机和 Internet 上的其他计算机可随意互相访问。

如果每个网络上的每台主机都必须有真正可路由的 IP 地址，我们将在几年前用尽可用的 IP 地址。但通过使用私有 IP 地址，ISP、公司和家庭用户只需要一个或几个公网地址来将他们的网络连接到 Internet。由于他们可以在自己的网络内部使用私有 IP 地址并运行良好，所以使用私有 IP 是很经济的。

要完成这个任务，ISP 和公司需要使用被称为网络地址转换 NAT (Network Address Translation) 的技术，即主要负责获取私有 IP 地址并将它转换成可在因特网上使用的地址(NAT 将在以后章节“网络地址转换”中进行讨论)。许多人可以使用同一个真实的 IP 地址向 Internet 发送数据。这样做可以节省成千上万的地址空间——这对我们真的很有益！

以下列出保留的私有 IP 地址。

- A 类：10.0.0.0~10.255.255.255，保留了一个 A 类网络。
- B 类：172.16.0.0~172.31.255.255，保留了 32 个 B 类网络。
- C 类：192.168.0.0~192.168.255.255，保留了 256 个 C 类网络。

如果你负责为一个公司规划网络，到底使用哪一类私有地址呢？如果公司目前有 7 个部门，每个部门不超过 200 个计算机，你可以考虑使用保留的 C 类私有地址；如果你负责为石家庄教委规划网络，因为石家庄市教委和石家庄市的所有几百所中小学的网络连接，网络规模较大，所以应该选择保留的 A 类私有网络地址，最好用 10.0.0.0 网络地址并带有/24 的子网掩码，可以有 65536 个网络可供你使用，并且每个网络允许带有 254 台主机，这样的网络会拥有非常大的发展空间。

## 3.2 等长子网划分

按照上面 IP 地址的分类，一个 A 类网段，主机数量为  $256 \times 256 \times 256 - 2 = 16777214$ ；一个 B 类网络，主机数量为  $256 \times 256 - 2 = 65534$ ；一个 C 类网络，主机数量为  $256 - 2 = 254$ 。如果一个网段中有 30 台计算机，使用一个 C 类网络，还有大量的地址浪费，如果一个网段有 300 台计算机使用一个 C 类网络，地址空间不足，使用一个 B 类网络，则浪费的地址空间更大。

现在的 IP 地址资源紧张，如何才能根据网段中的计算机数量合理地规划 IP 地址，才不至于造成 IP 地址的大量浪费呢？这就是下面要讲述的子网划分。

### 3.2.1 子网掩码的作用

子网掩码 (Subnet Mask) 又叫网络掩码、地址掩码，它是一种用来指明一个 IP 地址的哪些位标识的是主机所在的子网以及哪些位标识的是主机的位掩码。子网掩码不能单独存在，它必须结合 IP 地址一起使用。子网掩码只有一个作用，就是将某个 IP 地址划分成网络地址和主机地址两部分。

如图 3-13 所示，如果一台计算机的 IP 地址配置为 172.16.122.204，子网掩码为

255.255.0.0，将其 IP 地址和子网掩码都写成二进制，进行与运算，即 1 和 1 与运算得 1，0 和 1 或 1 和 0 做与运算都得 0。这样经过 IP 地址和子网掩码做完与运算后，主机位不管是什么值都归零，网络位的值保持不变，得到该计算机所处的网段为 172.16.0.0。

子网掩码很重要，配置错误会造成计算机通信故障。计算机和其他计算机通信时，首先断定目标地址和自己是否在一个网段，先用自己的子网

掩码和自己的 IP 地址进行与运算得到自己所属的网段，再用自己的子网掩码和目标地址进行与运算计算目标地址所属的网段。如果不在同一个网段，则使用网关的 MAC 地址封装数据帧，这会将数据帧转发给路由器即网关；如果相同，则直接使用目标 IP 地址的 MAC 地址封装数据帧，直接把数据帧发给目标 IP 地址。

- A 类网络默认子网掩码：255.0.0.0；
- B 类网络默认子网掩码：255.255.0.0；
- C 类网络默认子网掩码：255.255.255.0。

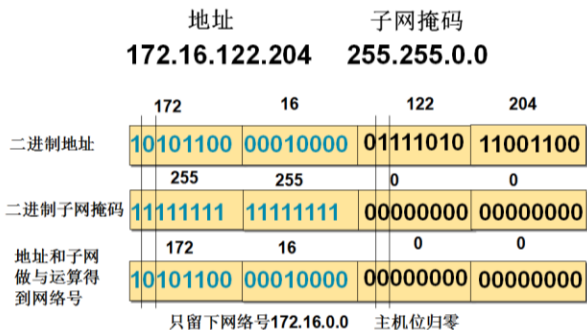
### 3.2.2 CIDR

CIDR（Classless Inter-Domain Routing，无类域间路由）是一个在 Internet 上创建附加地址的方法，这些地址提供给 Internet 服务提供商（ISP），再由 ISP 分配给客户。CIDR 将路由集中起来，使一个 IP 地址段代表主要骨干提供商服务的几千个 IP 地址段，从而减轻 Internet 路由器的路由表。所有发送到这些地址的信息包都被送到网通或电信等 ISP。1990 年，Internet 上约有 2000 个路由，5 年后，Internet 上有 3 万多个路由。如果没有 CIDR，路由器就不能支持 Internet 网段的增多。CIDR 采用 13~27 位可变网络 ID，而不是 A、B、C 类网络 ID 所用的固定的 8、16 和 24 位。在 IP 地址后面添加一个/，后面是二进制子网掩码的位数。比如 192.168.10.32/24，意味着该地址子网掩码长度为 24，即 11111111.11111111.11111111.00000000，等价于子网掩码 255.255.255.0。

子网掩码的二进制写法以及相对应的 CIDR 的斜线表示如表 3-1 所示。

表 3-1 子网掩码的二进制写法以及相对应的 CIDR 斜线表示

二进制子网掩码	子网掩码	CIDR 值
11111111. 10000000. 00000000. 00000000	255.0.0.0	/8
11111111. 10000000. 00000000. 00000000	255.128.0.0	/9
11111111. 11000000. 00000000. 00000000	255.192.0.0	/10
11111111. 11100000. 00000000. 00000000	255.224.0.0	/11
11111111. 11110000. 00000000. 00000000	255.240.0.0	/12
11111111. 11111000. 00000000. 00000000	255.248.0.0	/13
11111111. 11111100. 00000000. 00000000	255.252.0.0	/14



▲ 图 3-13 子网掩码的作用

11111111. 11111110. 00000000.00000000	255.254.0.0	/15
11111111. 11111111. 00000000.00000000	255.255.0.0	/16
续表		
二进制子网掩码	子网掩码	CIDR 值
11111111. 11111111. 10000000.00000000	255.255.128.0	/17
11111111. 11111111. 11000000.00000000	255.255.192.0	/18
11111111. 11111111. 11100000.00000000	255.255.224.0	/19
11111111. 11111111. 11110000.00000000	255.255.240.0	/20
11111111. 11111111. 11111000.00000000	255.255.248.0	/21
11111111. 11111111. 11111100.00000000	255.255.252.0	/22
11111111. 11111111. 11111110.00000000	255.255.254.0	/23
11111111. 11111111. 11111111.00000000	255.255.255.0	/24
11111111. 11111111. 11111111.10000000	255.255.255.128	/25
11111111. 11111111. 11111111.11000000	255.255.255.192	/26
11111111. 11111111. 11111111.11100000	255.255.255.224	/27
11111111. 11111111. 11111111.11110000	255.255.255.240	/28
11111111. 11111111. 11111111.11111000	255.255.255.248	/29
11111111. 11111111. 11111111.11111100	255.255.255.252	/30

### 3.2.3 等长子网划分

子网划分的任务包括两部分：

- 确定子网掩码的长度。
- 子网中第一个可用的 IP 地址和最后一个可用的 IP 地址。

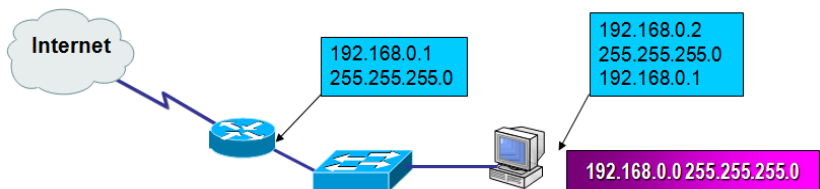
#### 1. 等分成两个子网

下面以一个 C 类地址划分为两个网段为例，演示子网划分的过程。

如图 3-14 所示，某公司有两个部门，每个部门 100 台计算机，通过交换机连接，组成局域网，通过路由器连接 Internet。这两个部门的 200 台计算机使用 192.168.0.0 C 类网络，该网段的子网掩码为 255.255.255.0，连接局域网的路由器接口配置使用该网段的第一个可用的 IP 地址 192.168.0.1。

**提示**

虽然路由器可以使用该网段的任何可用的 IP 地址，但为了避免该网段计算机地址和路由器地址冲突，一般将路由器设置为该网段的第一个可用的 IP 地址或最后一个可用的 IP 地址。



▲ 图 3-14 一个网段的情况

为了安全考虑，你打算将这两个部门的计算机分为两个网段，中间使用路由器隔开。计

计算机数量没有增加，还是 200 台，因此使用一个 C 类地址，IP 地址是足够用的。现在将 192.168.0.0~255.255.255.0 这个 C 类地址划分成两个网段。

如图 3-14 所示，将 IP 地址最后一个字节写成二进制形式，子网掩码使用两种方式表示：二进制和十进制。子网掩码的位数往右移一位，这样 IP 地址最后一个字节的第 8 位，就变成网络位，该位为 0 是 A 子网，该位为 1 是 B 子网。

如图 3-15 所示，IP 地址的最后一个字节，其值在 0~127 之间的，第 8 位均为 0；其值在 128~255 之间的，第 8 位均为 1。分成 A、B 两个子网，以 128 为界。

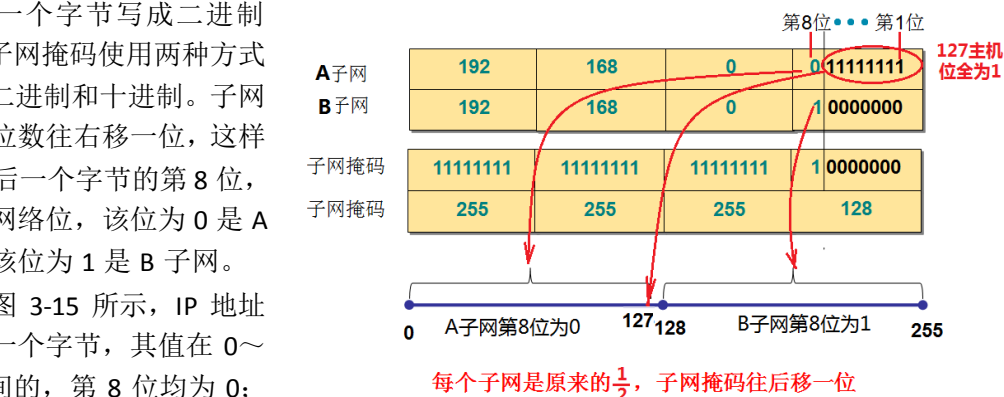
每个子网是原来的  $\frac{1}{2}$ ，子网掩码往右移 1 位。

A 和 B 两个子网的子网掩码都为 255.255.255.128。

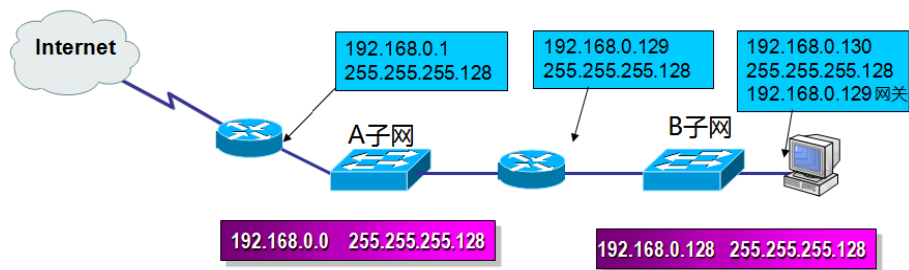
A 子网可用的地址范围为 192.168.0.1~192.168.0.126，IP 地址 192.168.0.0 由于主机位全为 0，不能分配给计算机使用，192.168.0.127 由于其主机位全为 1，不能分配计算机。

B 子网可用的地址范围 192.168.0.129~192.168.0.254，IP 地址 192.168.0.128 由于主机位全为 0，不能分配给计算机使用，IP 地址 192.168.0.255 由于其主机位全为 1，不能分配给计算机。

划分两个子网后网络规划如图 3-16 所示。



▲图 3-15 等分为两个子网



▲图 3-16 划分子网后的地址规划

## 2. 等分成 4 个子网

假如公司有 4 个部门，每个部门有 50 台计算机，现在使用 192.168.0.0/24 这个 C 类网段，从安全考虑你打算每个部门的计算机放置到独立的网段，这就要求你将 192.168.0.0/24 这个 C 类网络划分为 4 个网段，如何划分子网呢？



如图 3-17 所示，将 192.168.0.0/24 网段的 IP 地址的最后一个字节写成二进制，要想分成 4 个网段，你需要将子网掩码往右移动两位，这样第 7 位和第 8 位就变为网络位。你就可以分成 4 个子网，第 8 位和第 7 位为 00 是 A 子网，01 是 B 子网，10 是 C 子网，11 是 D 子网。

每个子网是原来的  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ ，即两个  $\frac{1}{2}$ ，子网掩码往右移两位。

A、B、C、D 子网的子网掩码都为 255.255.255.192。

A 子网的可用的开始地址和结束地址为 192.168.0.1~192.168.0.62；

B 子网的可用的开始地址和结束地址为 192.168.0.65~192.168.0.126；

C 子网的可用的开始地址和结束地址为 192.168.0.129~192.168.0.190；

D 子网的可用的开始地址和结束地址为 192.168.0.193~192.168.0.254。

**注意** 每个子网的最后一个地址都是本子网的广播地址，不能分配给计算机使用，如图 3-16 所示的 A 子网的 63、B 子网的 127、C 子网的 191 和 D 子网的 255。

### 3. 等分为 8 个子网

如果想把一个 C 类网络等分成 8 个子网，如图 3-17 所示，子网掩码需要往右移 3 位。才能划分出 8 个子网，第 8 位、第 7 位和第 6 位都变成网络位。

每个子网的子网掩码都一样，为 255.255.255.224。

A 子网可用的开始地址和结束地址为 192.168.0.1~192.168.0.30；

B 子网可用的开始地址和结束地址为 192.168.0.33~192.168.0.62；

C 子网可用的开始地址和结束地址为 192.168.0.65~192.168.0.94；

D 子网可用的开始地址和结束地址为 192.168.0.97~192.168.0.126；

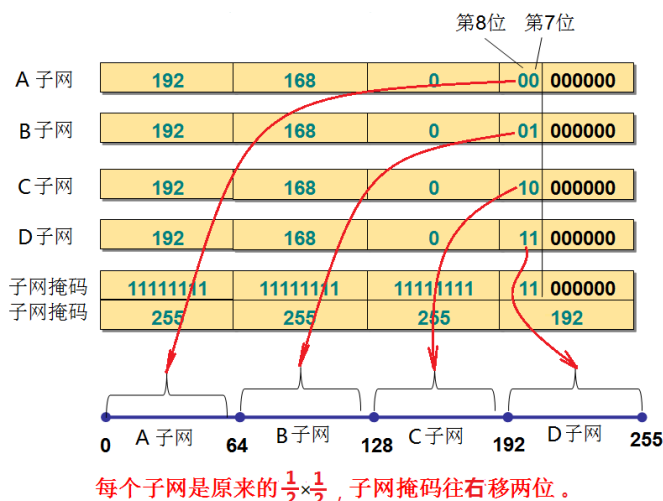
E 子网可用的开始地址和结束地址为 192.168.0.129~192.168.0.158；

F 子网可用的开始地址和结束地址为 192.168.0.161~192.168.0.190；

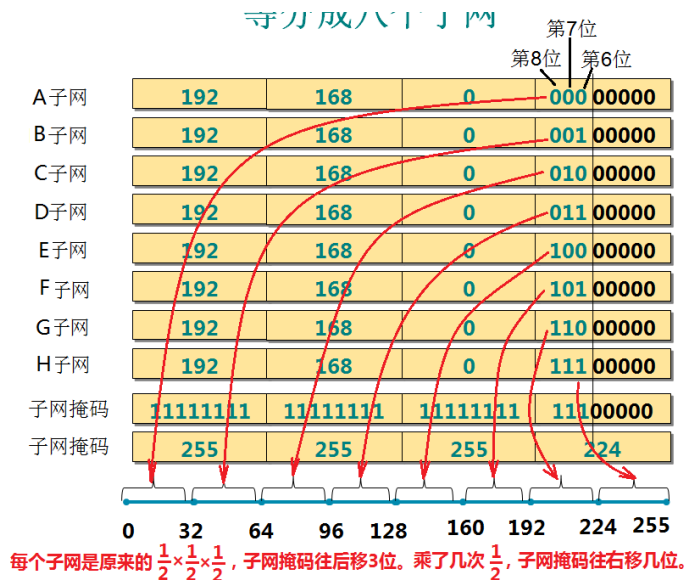
G 子网可用的开始地址和结束地址为 192.168.0.193~192.168.0.222；

H 子网可用的开始地址和结束地址为 192.168.0.225~192.168.0.254。

**注意** 每个子网能用的主机 IP 地址，都要去掉主机位全 0 和主机位全 1 的地址。如图 3-18 所示，32、64、96、128、160、192、224、255 都是相应子网的广播地址。



▲ 图 3-17 等分为 4 个子网



▲ 图 3-18 等分为 8 个子网

每个子网是原来的  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ ，即 3 个  $\frac{1}{2}$ ，子网掩码往右移 3 位。

结论

确定子网掩码：子网掩码往右移 1 位，就将原来的网段分成两个子网；子网掩码往右移两位，将原来的网段分成 4 个子网；子网掩码往右移 3 位，就等分成 8 个子网。以此类推，子网掩码往右移 4 位，等分成 16 个子网。

确定每个子网可用的地址：主机位全 0 和全 1 的不能用。

### 3.2.4 判断 IP 地址所属的网段

以上学习了将一个 C 类网络等分成 2、4、8 个子网的方法，并找到了规律。下面将会练习根据子网掩码断定 IP 地址所属的子网。

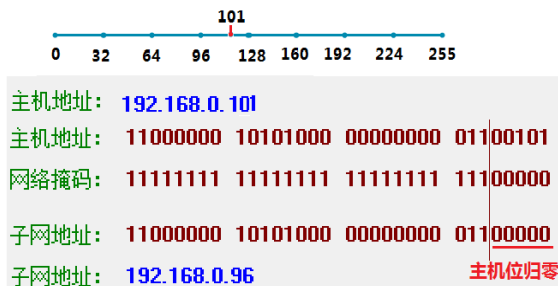
示例

判断 192.168.0.101/27 所属的子网。

方法就是将 IP 地址和子网掩码做与运算，得到的就是所属的子网，即主机位归 0 就是所属的子网。

该地址为 C 类地址，默认子网掩码为 24 位，现在是 27 位。子网掩码往右移了 3 位，根据以上总结的规律，每个子网是原来的  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ ，即将这个 C 类网络等分成 8 个子网。如图 3-19 所示，101 所处的位置位于 96~128 之间，主机

192.168.0.101/27



▲ 图 3-19 判断地址所属子网 (1)

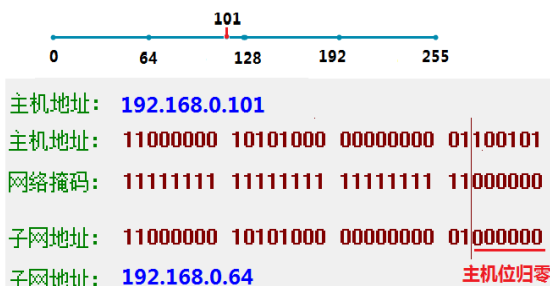


位归 0 后等于 96。因此该地址所属的子网是 192.168.0.96。

**示例** 判断 192.168.0.101/26 所属的子网

该地址为 C 类地址，默认子网掩码为 24 位，现在是 26 位。子网掩码往右移了两位，根据以上总结的规律，每个子网是原来的  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ ，将这个 C 类网络等分成了 4 个子网。如图 3-20 所示，101 所处的位置位于 64~128 之间，主机位归 0 后等于 64。因此该地址所属的子网是 192.168.0.64/26。

192.168.0.101/26



▲ 图 3-20 判断地址所属子网 (2)

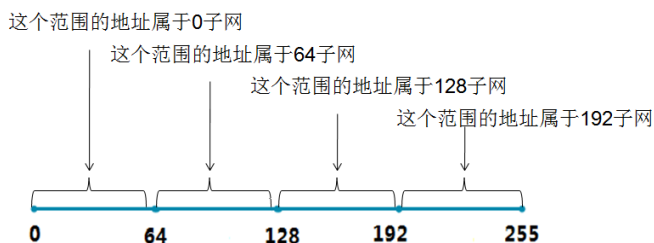
**总结** 如图 3-21 所示，如果一个 C 类网络被等分成 4 个子网。

IP 地址范围 192.168.0.0~192.168.0.63 都属于 192.168.0.0/26 子网。

IP 地址范围 192.168.0.64~192.168.0.127 都属于 192.168.0.64/26 子网。

IP 地址范围 192.168.0.128~192.168.0.191 都属于 192.168.0.128/26 子网。

IP 地址范围 192.168.0.192~192.168.0.255 都属于 192.168.0.192/26 子网。

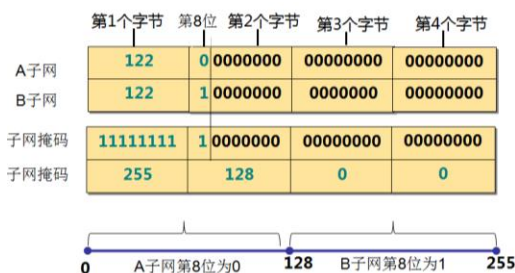


▲ 图 3-21 断定 IP 地址所属子网规律

### 3.2.5 A 类网络子网划分

学会了 C 类网络等长子网划分，A 类网络的子网划分也就学会了，你只需将 A 类 IP 地址的第 2 个字节、第 3 个字节和第 4 个字节写成二进制，根据划分的子网数量，确定往右移动几位子网掩码。比如将 122.0.0.0/8 A 类网络划分成两个子网，如图 3-22 所示。

A 和 B 两个子网的子网掩码为 255.128.0.0。



▲ 图 3-22 A 类网络划分为两个子网

A 子网可用的地址范围 122.0.0.1~122.127.255.254。

B 子网可用的地址范围 122.128.0.1~122.255.255.254。

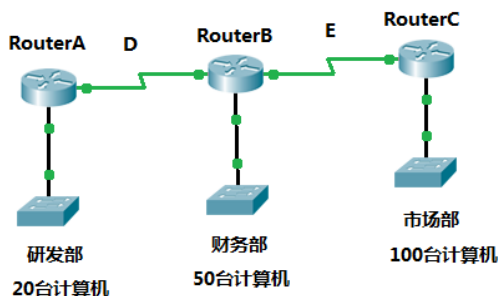
举一反三, B 类地址的子网划分, 你只需将 IP 地址的第 3 个字节和第 4 个字节写成二进制, 根据划分的子网数量, 先确定往右移动几位子网掩码, 然后确定每个子网可用的地址范围。

### 3.3 变长子网划分

以上讲述的都是等长子网划分, 即将一个网络等分为两个子网、4 个子网或 8 个子网。如果每个子网中的计算机数量不一样多, 就需要变长子网划分。下面就讲述变长子网划分。

#### 3.3.1 示例: 变长子网划分

如果你的公司有 3 个部门, 如图 3-23 所示, 市场部有 100 台计算机, 财务部有 50 台计算机, 研发部有 20 台计算机。现在你的网络使用一个 C 类网络 192.168.0.0/24。为了安全考虑, 你打算一个部门的计算机分配一个网段。每个网段的计算机数量不一样多, 这就要求你将现有的 C 类网络划分成 3 个不等长的子网, 同时, 路由器 RouterA 和 RouterB 之间的连接是一个网段 D, 路由器 RouterB 和 RouterC 之间的连接是一个网段 E。D 和 E 网段就两个结点, 因此需要两个 IP 地址。在子网划分时需要考虑这两个子网。

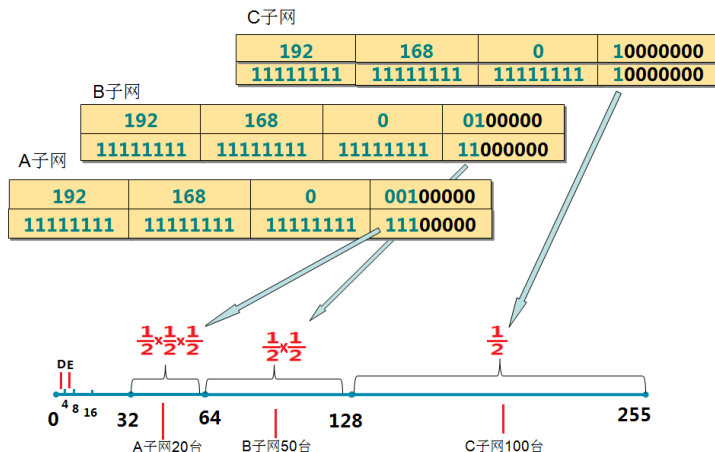


▲ 图 3-23 变长子网应用场景

确定每个子网的子网掩码、开始地址和结束地址。

划分子网的过程如下。

如图 3-24 所示, 画一条直线, 代表 C 类网络的最后一位 IP 地址范围, 起点为 0, 终点为 255。将该直线二等分, 分为 0~127 和 128~255 两部分, 再将 0~127 进行二等分, 分为 0~63 和 64~127 两部分, 再将 0~63 进行二等分, 分为 0~31 和 32~63 两部分。



▲ 图 3-24 变长子网地址范围

将市场部的 100 台计算

机的 IP 地址指定到 128~255 这个地址范围。该范围是 0~255 的  $\frac{1}{2}$ ，按照以上等长子网划分过程得到的规律，是 1 个  $\frac{1}{2}$ ，子网掩码往右移 1 位。即该子网的子网掩码为 255.255.255.128，可用的地址范围为 192.168.0.129~192.168.0.254。

财务部的 50 台计算机，使用 64~127 这个范围，该范围是 0~255 的  $\frac{1}{4}$ ，按照以上等长子网划分得到的规律，是两个  $\frac{1}{2}$ ，子网掩码往右移两位。即该子网的子网掩码为 255.255.255.192，可用的地址范围为 192.168.0.65~192.168.0.126。

研发部的 20 台计算机，使用 32~63 这个地址范围，该范围是 0~255 的  $\frac{1}{8}$ ，按照以上等长子网划分得到的规律，是 3 个  $\frac{1}{2}$ ，子网掩码往右移 3 位。即该子网的子网掩码为 255.255.255.224，可用的地址范围为 192.168.0.33~192.168.0.62。

D 子网和 E 子网，就需要两个 IP 地址，D 子网使用 0~3 这个子网，E 子网使用 4~7 子网。该范围是 0~255 的  $\frac{1}{64}$ ，按照以上等长子网划分得到的规律，是 6 个  $\frac{1}{2}$ ，子网掩码往右移 6 位。即 D 和 E 子网的子网掩码为 255.255.255.252，D 子网的可用地址为 192.168.0.1~192.168.0.2，E 子网的可用地址为 192.168.0.5~192.168.0.6。

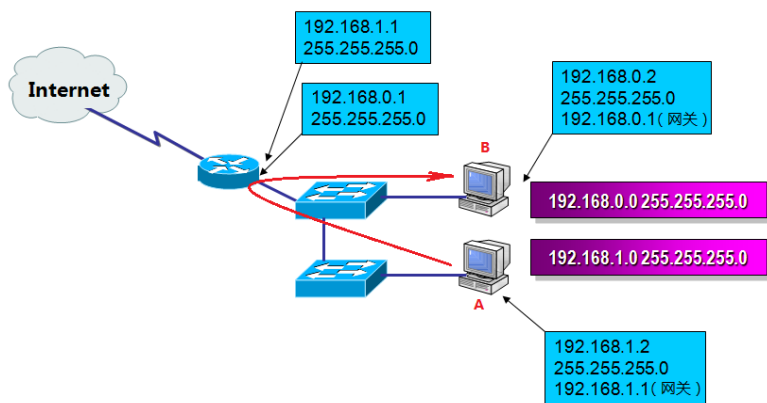
### 3.3.2 超网

如图 3-24 所示，某企业有一个网段，该网段有 200 台计算机，使用 192.168.0.0~255.255.255.255.0 网段。后来计算机数量增加到 400 台计算机，由于某种屏幕广播软件的应用，屏幕广播软件不能跨网段，这些计算机必须在同一个网段。

255.0 网段。后来计算机数量增加到 400 台计算机，由于某种屏幕广播软件的应用，屏幕广播软件不能跨网段，这些计算机必须在同一个网段。

在该网络中添加交换机，可以扩展该网段的规模，IP 地址不够用，再添加一个 C 类地址 192.168.1.0~255.255.255.0。这些计算机物理上在一个网段，但是 IP 地址没在一个网段，即逻辑上不在一个网段。如果想让这些计算机能够通信，可以在路由器的接口添加这两个 C 类网络的地址作为这两个子网的网关。

在这种情况下，A 计算机到 B 计算机进行通信，必须通过路由器转发，如图 3-25 所示，



▲ 图 3-25 两个网段的地址

这样两个子网才能够通信。本来这些计算机物理上在一个网段，还需要路由器转发，效率不高。

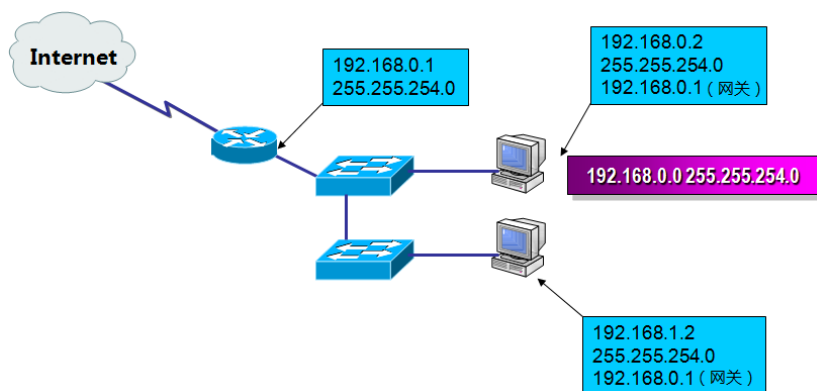
有没有更好的办法，让两个子网认为计算机在一个网段？

如图 3-26 所示，将 192.168.0.0 和 192.168.1.0 两个 C 类网络合并。将 IP 地址第 3 个字节和第 4 个字节写成二进制，可以看到将子网掩码往左移动 1 位，网络部分就一样了，这两个网段就在一个网段了。

合并两个网段 192.168.0.0 255.255.255.0 192.168.1.0 255.255.255.0	192	168	00000000	00000000
	192	168	00000001	00000000
	11111111	11111111	11111110	00000000
	255	255	254	0

▲图 3-26 合并两个网段

合并后的网段子网掩码为 255.255.254.0，可用地址为 192.168.0.1~192.168.1.254，IP 地址的配置如图 3-27 所示。



▲图 3-27 合并后的地址配置

### 3.3.3 合并网络的规律

以上讲了合并两个 C 类网络 192.168.0.0 255.255.255.0 和 192.168.1.0 255.255.255.0 子网掩码往左移 1 位，可以合并为 192.168.0.0 255.255.254.0。下面深入讲解合并子网的过程。

如图 3-28 所示，192.168.2.0 255.255.255.0 和 192.168.3.0 255.255.255.0 子网掩码往左移 1 位，也可以合并为一个网段 192.168.2.0 255.255.254.0。

192.168.2.0 255.255.255.0 192.168.3.0 255.255.255.0	192	168	00000010	00000000
	192	168	00000011	00000000
	11111111	11111111	11111110	00000000
	255	255	254	0

▲图 3-28 合并两个 C 类网络

合并两个网段，需要向左移动 1 位子网掩码，但是并不是随便两个连着的子网都能移动

1 位子网掩码被合并。比如，不能通过向左移动 1 位子网掩码将 192.168.1.0 255.255.255.0 和 192.168.2.0 255.255.255.0 网段合并。如图 3-29 所示，子网掩码往左移 1 位，网络部分还是不一样。

192.168.1.0 255.255.255.0	192	168	00000001	00000000
192.168.2.0 255.255.255.0	192	168	00000010	00000000
	11111111	11111111	11111110	00000000
	255	255	254	0

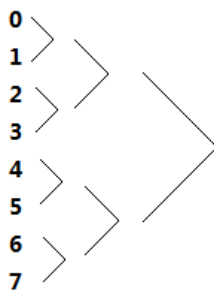
▲ 图 3-29 子网掩码不能向左移动 1 位而合并

合并四个网段 192.168.0.0 255.255.255.0、192.168.1.0 255.255.255.0、192.168.2.0 255.255.255.0、192.168.3.0 255.255.255.0，以下简称这 4 个网段为 0 网段、1 网段、2 网段、3 网段。如图 3-30 所示，需要子网掩码向左移动两位。

合并四个网段	192	168	00000000	00000000
192.168.0.0 255.255.255.0	192	168	00000001	00000000
192.168.1.0 255.255.255.0	192	168	00000010	00000000
192.168.2.0 255.255.255.0	192	168	00000011	00000000
192.168.3.0 255.255.255.0	192	168	00000100	00000000
	11111111	11111111	11111100	00000000
	255	255	252	0

▲ 图 3-30 合并 4 个网段

得出结论，向左移动 1 位子网掩码可以合并 0、1 网络，也可以合并 2、3 网络，也可以合并 4、5 网络，也可以合并 6、7 网络。通过向左移动两位子网掩码可以将连续的 0、1、2、3 网络合并成一个网络，也可将连续的 4、5、6、7 网络合并成一个网络。通过向左移动 3 位子网掩码，可以将 0、1、2、3、4、5、6、7 网络合并成一个网络，如图 3-31 所示。



▲ 图 3-31 合并网络的规律

思考

192.168.178.0 255.255.255.0 和 192.168.179.0 255.255.255.0 两个网络是否能够通过向左移动 1 位子网掩码合并成一个网段？您也许不能一下子就知道是否可以合并，现在介绍一种方法，178 除以 4 余数是 2，179 除以 4 余数是 3，根据上面的介绍，2 和 3 网络是可以通过子网掩码向左移 1 位，合并成一个网络。因此这两个子网是可以合并为 192.168.178.0 255.255.254.0。

192.168.181.0 255.255.255.0 和 192.168.182.0 255.255.255.0 两个网络是否可以通过向左移动 1 位子网掩码进行合并？将 181 除以 4 余数是 1，182 除以 4 余数是 2，根据上面的介绍，1、2 网段不能通过向左移动 1 位子网掩码合并成一个网段。

思

192.168.156.0 192.168.157.0 192.168.158.0 192.168.159.0 这四个 C 类网络是否可

考

以通过将子网掩码向左移动两位进行合并? 现在就不能除以 4 了, 将 156 除以 8 余数为 4, 157 除以 8 余数为 5, 158 除以 8 余数为 6, 159 除以 8 余数为 7, 根据上面的介绍, 4、5、6、7 是可以通过子网掩码向左移动两位合并的。

## 3.4 习 题

1. 根据图 3-32 网络拓扑和网络中的主机数量, 将相应的 IP 地址拖曳到相应的位置。

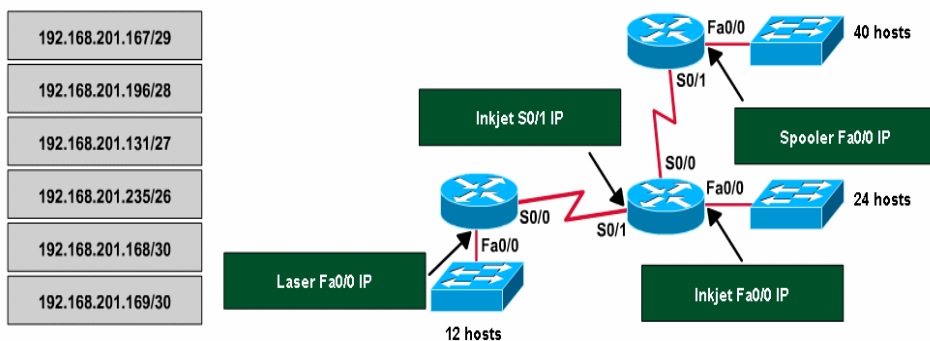


图 3-32 网络拓扑

2. 以下\_\_\_\_\_地址属于 115.64.4.0/22 网段。(选择 3 个答案)
- A. 115.64.8.32
  - B. 115.64.7.64
  - C. 115.64.6.255
  - D. 115.64.3.255
  - E. 115.64.5.128
  - F. 115.64.12.128
3. \_\_\_\_\_子网被包含在 172.31.80.0/20 网络。(选择两个答案)
- A. 172.31.17.4/30
  - B. 172.31.51.16/30
  - C. 172.31.64.0/18
  - D. 172.31.80.0/22
  - E. 172.31.92.0/22
  - F. 172.31.192.0/18
4. 某公司设计网络, 需要 300 个子网, 每个子网的数量最多为 50 个主机, 将一个 B 类网络进行子网划分, 下面\_\_\_\_\_子网掩码可以用。
- A. 255.255.255.0
  - B. 255.255.255.128
  - C. 255.255.252.0
  - D. 255.255.255.224

- E. 255.255.255.192  
F. 255.255.248.0
5. 网段 172.25.0.0 被分成 8 个等长子网，下面\_\_\_\_\_地址属于第三个子网。（选择 3 个答案）  
A. 172.25.78.243  
B. 172.25.98.16  
C. 172.25.72.0  
D. 172.25.94.255  
E. 172.25.96.17  
F. 172.25.100.16
6. 根据图 3-33 所示，以下\_\_\_\_\_网段能够指派给网络 A 和链路 A。

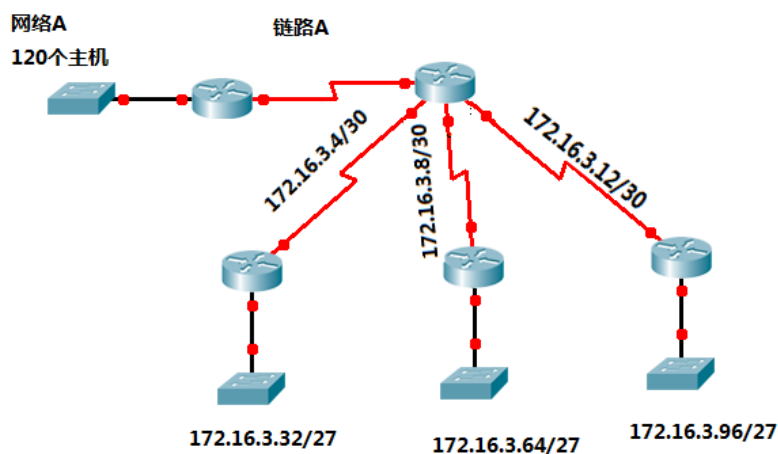


图 3-33 网络拓扑

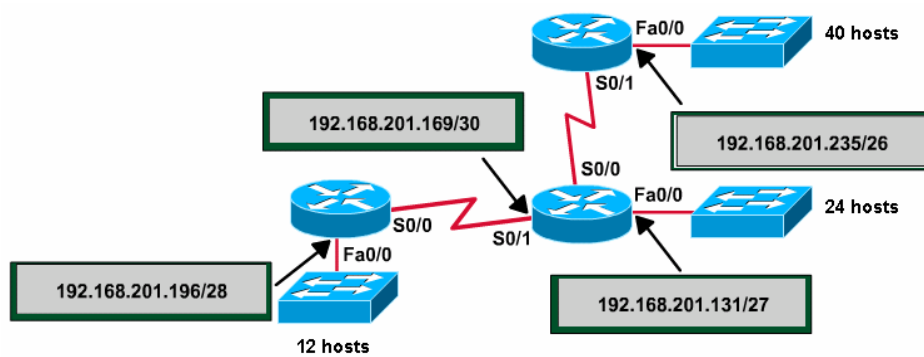
- A. 网络 A——172.16.3.48/26  
B. 网络 A——172.16.3.128/25  
C. 网络 A——172.16.3.192/26  
D. 链路 A——172.16.3.0/30  
E. 链路 A——172.16.3.40/30  
F. 链路 A——172.16.3.112/30
7. IP 地址中的网络号部分用来识别\_\_\_\_\_。  
A. 路由器  
B. 主机  
C. 网卡  
D. 网段
8. 以下网络地址中属于私网地址的是\_\_\_\_\_。  
A. 192.178.32.0  
B. 128.168.32.0

- C. 172.15.32.0
- D. 192.168.32.0
- 9. 网络 122.21.136.0/22 中最多可用的主机地址是\_\_\_\_\_。
- A. 1024
- B. 1023
- C. 1022
- D. 1000
- 10. 主机地址 192.15.2.160 所在的网络是\_\_\_\_\_。
- A. 192.15.2.64/26
- B. 192.15.2.128/26
- C. 192.15.2.96/26
- D. 192.15.2.192/26
- 11. 某公司的网络地址为 192.168.1.0, 要划分成 5 个子网, 每个子网最多 20 台主机, 则适用的子网掩码是\_\_\_\_\_。
- A. 255.255.255.192
- B. 255.255.255.240
- C. 255.255.255.224
- D. 255.255.255.248
- 12. 某端口的 IP 地址为 202.16.7.131/26, 则该 IP 地址所在网络的广播地址是\_\_\_\_\_。
- A. 202.16.7.255
- B. 202.16.7.129
- C. 202.16.7.191
- D. 202.16.7.252
- 13. 在 IPv4 中, 组播地址是\_\_\_\_\_地址。
- A. A 类
- B. B 类
- C. C 类
- D. D 类



## 习题答案

1.



2. B C E

3. D E

4. B E

5. A C D

6. B D

7. D

8. D

9. C

10. B

11. C

12. C

13. D



